

A-361

## 剛球による散乱音場の位相特性

Phase characteristics for scattering waves by an acoustically hard sphere

広林茂樹\*

東山三樹夫\*

小池恒彦\*\*

Richard H. Lyon\*\*\*

Shigeki HIROBAYASHI

Mikio TOHYAMA

Tsunehiko KOIKE

\*工学院大学

\*\* NTTアトバンステクノロジー (株)

\*\*\* マサチューセッツ工科大学

\* Kogakuin University, \*\* NTT Advanced Technology Corporation, \*\*\* Massachusetts Institute of Technology

## 1. はじめに

エコーキャンセラや音場制御における伝達関数の推定では、室内伝達関数の変動予測が重要な課題となっている。本研究は、散乱体の室内伝達関数に及ぼす影響を解析し、散乱体による伝達関数の変動を予測することを目的とする。本報告では、散乱音場の理論解の一例として剛球による散乱音場解<sup>1,2)</sup>を波動方程式より求め、特に散乱波の位相特性を解析する。

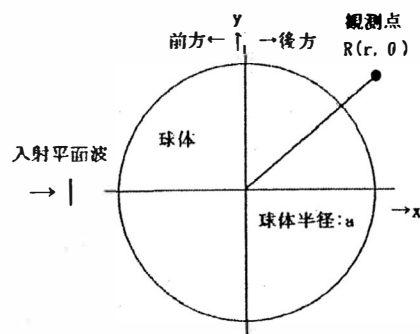


図1 剛球の散乱音場

## 2. 散乱波の音圧特性

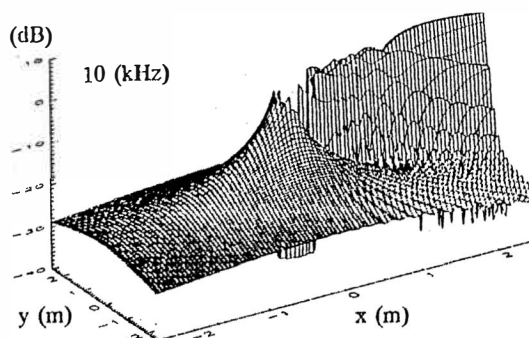
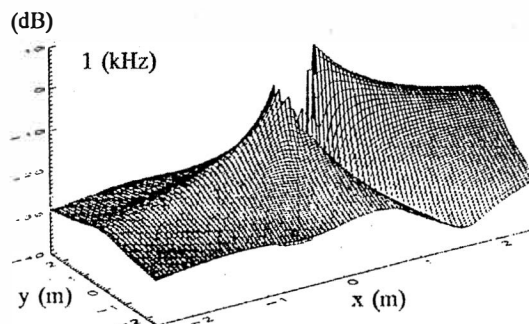
図1に示す剛球による散乱波の一般解は

$$H(\omega) = -\sum_{n=0}^{\infty} (-i)^n (2n+1) P_n(\cos\theta) \frac{j_n'(ka)}{h_n'(ka)} h_n(kr), \quad k = \frac{\omega}{c} \quad (1)$$

$P_n(x)$ : Legendre function,  $j_n(x)$ : Spherical Bessel function,

$h_n(x)$ : Spherical Hankel functions of the first kind

で表される<sup>3)</sup>。図2は球体半径  $a=0.25$  (m),  $n=5000$  として計算した球体近傍の音圧分布である。



(入射波の音圧を0dBとする)

図2 散乱波の音圧特性

## 3. 散乱波の非最小位相成分

Morseによれば近似的に球体遠方では散乱波のエネルギー流は位相特性から求められている<sup>1,2)</sup>。このことから、球体遠方では散乱波は近似的に最小位相信号と考えられる。図3は散乱波より最小位相成分  $H_{Min}(\omega)$  を用いて All-pass 成分  $H_{Ap}(\omega)$  (非最小位相成分) を抽出し、時間領域において大きさ1の遅延を含むデルタ関数  $\delta(n)$  を引きさり二乗積分したものである。

$$h_{Ap}(t) = IFT[H_{Ap}(\omega)] = IFT\left[\frac{H(\omega)}{H_{Min}(\omega)}\right] = IFT\{e^{j\theta(\omega) - \theta_{Min}(\omega)}\} \quad (2)$$

$$v = \min_{k=0,1,2,\dots,N} \left[ \sum_{n=0}^N [h_{Ap}(n) - \delta(k)]^2 \right], \quad \sum_{n=0}^N h_{Ap}(n)^2 = \sum_{n=0}^N \delta(n)^2 = 1 \quad (3)$$

図3a( $\theta=75, 60, 45, 30$ 度)より、後方になるほど非最小位相成分が増加し、非最小位相成分の各角度におけるピーク値は球体から遠方になるにつれ減少する。図3bの球体真後ろ( $0$ 度)における非最小位相成分は図3aのように単調減少ではないが、球体から遠方になるに従い非最小位相成分が減少する。

## 4. おわりに

近距離音場の位相特性を数値的に解析した。球体前方では散乱波は最小位相特性となる。後方では遠方になるにつれ非最小位相成分が減少し、最小位相特性に近づいていることを明らかにした。本研究に際し、近距離音場計算について有意義な御討論頂いた、東京工芸大学杉山精教授に謝意を表す。

## 参考文献

- 1) P. M. Morse and H. Feshbach, "Methods of Theoretical Physics", McGRAW-HILL BOOK, pp. 1064-1106 (1953)
- 2) P. M. Morse, "Vibration and Sound", McGRAW-HILL BOOK, pp. 346-360 (1948)
- 3) D. L. Sengupta et al, "Electromagnetic and Acoustic Scattering by Simple Shapes", Hemisphere Publishing, pp.353-415 (1986)

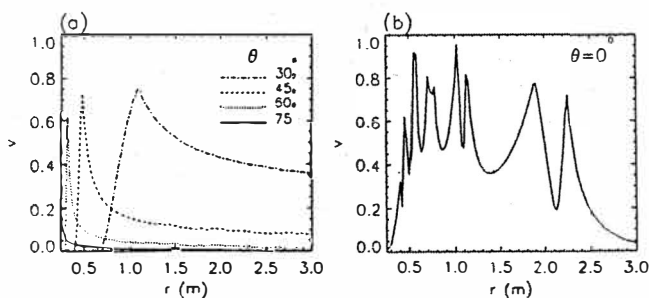


図3 散乱波の非最小位相成分